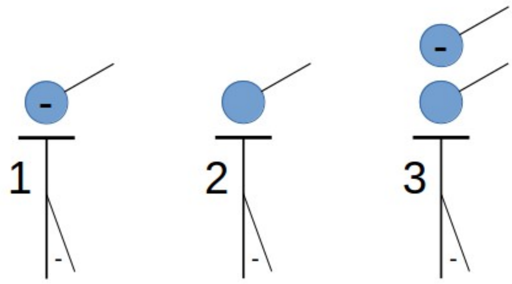
2014-10-20 Klausur 1 Kurs 11PH2 Physik

Lösung

1 Ein Elektroskop ist schwach negativ geladen, sodass der Zeiger etwa zur Hälfte ausgelenkt ist. In allen 3 Versuchen ist gefragt, was mit dem Zeiger geschieht. Die richtige Aussage ist anzukreuzen.



Versuch 1: Eine negativ geladene Kugel wird dem Elektroskop genähert, ohne es aber zu berühren.

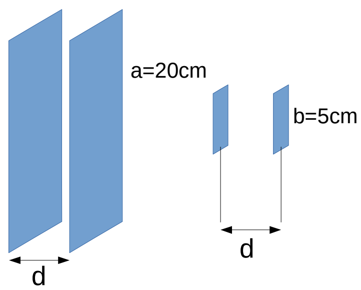
Versuch 2: Eine nicht geladene Kugel wird dem Elektroskop genähert, ohne es aber zu berühren.

Versuch 3: Eine nicht geladene Kugel wird dem Elektroskop genähert, ohne es aber zu berühren. Über die nicht geladene Kugel wird eine negativ geladene Kugel gehalten, die die untere Kugel aber nicht berührt.

Versuch	der Zeigerausschlag des Elektroskops ...		
	wird größer	wird kleiner	ändert sich nicht
1	X		
2		X	
3	X		

---

2 Zwischen 2 großen geladenen, quadratischen Aluminiumplatten mit der Seitenlänge a=20cm und dem sehr kleinen Abstand d befindet sich das elektrische Feld $E_{groß}$.
Mit 2 kleinen quadratischen Aluminiumplatten der Seitenlänge b=5cm werden von den Innenseiten der großen Platten Ladungen abgenommen. Dann besteht zwischen den kleinen Platten beim selben Abstand d die Feldstärke E_{klein}.



2.1 Geben Sie mit Begründung an, wie groß der Wert k in der Beziehung $E_{klein}=k\cdot E_{groß}$ ist.

Beim Abnehmen der Ladungen von den großen Platten werden so viele Ladungen übertragen, wie es der Größe der kleinen Platten entspricht, d. h. die Anzahl der übertragenen Ladungen ist proportional zur Plattengröße der kleinen Platten.

Es gilt also $\frac{Q_{groß}}{A_{groß}}=\frac{Q_{klein}}{A_{klein}}$ *und damit* $\sigma_{groß}=\sigma_{klein}$ → $E_{Groß}=E_{Klein}$.

Da die Feldstärken zwischen beiden Platten gleich groß sind, hat der Faktor k den Wert 1.
Die Werte von $d_{groß}$ und d_{klein} haben übrigens keinen Einfluss auf die Antwort, da es sich um homogene Felder handelt.

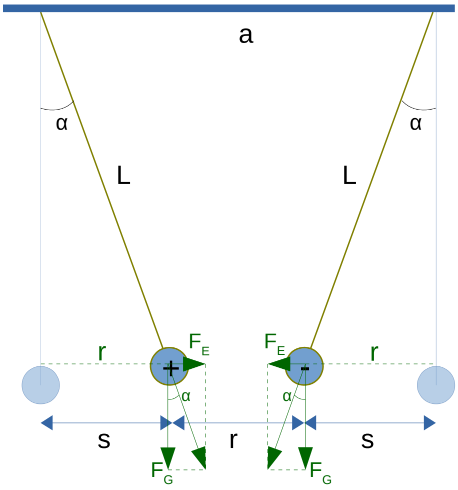
2.2 Geben Sie mit Begründung an, um das Wievielfache sich die Feldstärke zwischen den großen Platten ändern würde, wenn die Kantenlänge auf 10cm schrumpfen würde, die Ladung aber erhalten bliebe.

Schrumpft die Plattenlänge a_1=20cm der großen Platten auf die Hälfte a_2=10cm, so schrumpft der Flächeninhalt A_1=400cm² wegen $A_1=a_1^2$ und $A_2=a_2^2$ auf ein Viertel des Wertes, also auf A_2=100cm².
Wegen $E=\frac{1}{\varepsilon_0}\cdot\sigma=\frac{1}{\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{A}$ *also* $E\sim\frac{1}{A}$ *wächst damit die Feldstärke E damit auf das 4-fache.*

3 2 Pendelkugeln werden im Abstand a=15cm aufgehängt.
Die Masse beträgt jeweils m=20g.
Die Fäden der Länge L sind gleich lang und masselos.
Die Ladungen $Q=6\cdot10^{-8}C$ der Kugeln sind bis auf das Vorzeichen identisch.

Auf Grund ihrer entgegengesetzten Ladungen ziehen sich die Kugeln an und bleiben in einem Gleichgewichtszustand hängen, für den gilt:
Die Auslenkungen s aus der Ruhelage sind genau so groß wie der Abstand r der Kugeln (siehe Skizze).

Berechnen Sie die Fadenlänge L. Benutzen Sie dazu die Näherung $\sin\alpha\approx\tan\alpha$ und zeigen Sie nach Abschluss der Rechnung, dass diese Näherung gerechtfertigt ist.



Aus der Skizze lässt sich ablesen $\sin\alpha=\frac{r}{L}$; $\tan\alpha=\frac{F_E}{F_G}$.

Mit $F_E=Q\cdot E=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\frac{Q^2}{r^2}$; $F_G=m\cdot g$ *und der Näherung* $\sin\alpha\approx\tan\alpha$ *kann man L berechnen:*

$$\frac{F_E}{F_G}=\frac{Q^2}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot r^2\cdot m\cdot g}=\frac{r}{L}\rightarrow L=\frac{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot r^3\cdot m\cdot g}{Q^2}$$

Da s=r ergibt sich der Wert für r aus $3\cdot r=a\rightarrow r=\frac{a}{3}=\frac{15\,cm}{3}=5\,cm$.

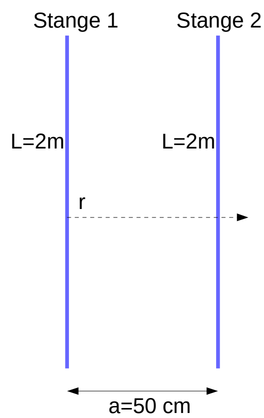
Damit folgt $L=\frac{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot0{,}05^3m^3\cdot0{,}02\,kg\cdot9{,}81\,\frac{m}{s^2}}{\left(6\cdot10^{-8}\right)^2C^2}=0{,}7576\,m\approx76\,cm$.

Es gilt $\sin\alpha=\frac{r}{L}=\frac{5\,cm}{76\,cm}\rightarrow\alpha=\arcsin\frac{5}{76}\approx3{,}8°$. *Da der Winkel deutlich kleiner als 10° ist, darf die Näherung* $\sin\alpha\approx\tan\alpha$ *verwendet werden.*

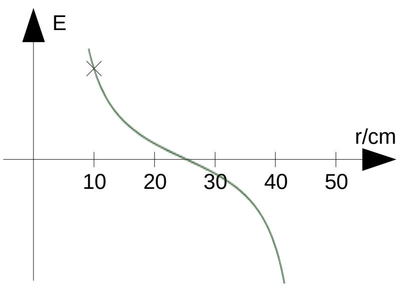
Die Fadenlänge beträgt etwa 76 cm.

---

4 Zwei Stangen der Länge L=2m sind parallel im Abstand von a=50cm angeordnet.
Beide Stangen tragen dieselbe Ladung $Q_R=Q_L=-20nC$.
Entlang der gestrichelten Linie wird mit einem Elektrofeldmeter die elektrische Feldstärke E im Abstand r zur linken Stange gemessen.

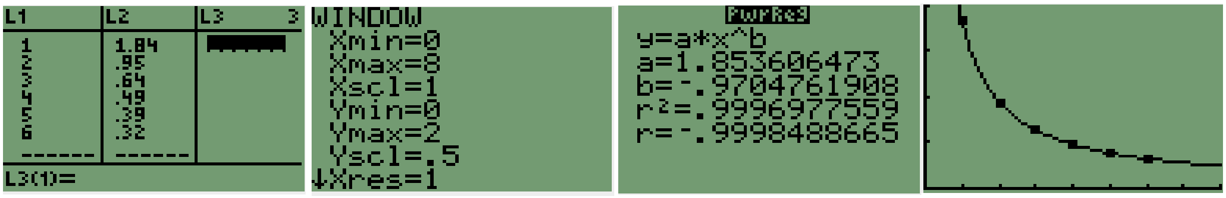


4.1 Skizzieren Sie im Koordinatensystem eine mögliche Messkurve, wenn der Wert für r=10cm vorgegeben ist.



4.2 Nun wird die rechte Stange positiv geladen mit der Ladung Q_L=+20nC.
Die linke Stange behält ihre Ladung Q_R=-20nC.
Bei der Messung ergeben sich für kleine Abstände r nebenstehende Werte.
Bestimmen Sie mit Hilfe des Taschenrechners die Gleichung einer (physikalisch sinnvollen) Potenzfunktion, die diese Messwerte annähert.

r in cm	E in 10^4N/C
1	1,84
2	0,95
3	0,64
4	0,49
5	0,39
6	0,32

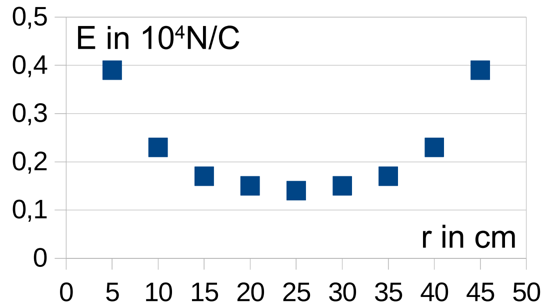


Der Taschenrechner ermittel (gerundet) die Funktionsgleichung $y=1{,}85\cdot x^{-0{,}97}$.

Physikalisch sinnvoll ist (auf Schulniveau) sicher nur ein Exponent als Vielfaches von 0,5.

Als Ergebnis kommt deshalb $E=1{,}85\cdot 10^4\frac{N\cdot m}{C}\cdot r^{-1}=1{,}85\cdot 10^4\frac{N\cdot m}{C}\cdot\frac{1}{r}$ *in Frage.*

4.3 Rechts sehen Sie ausgewählte Messpunkte für den gesamten Bereich. Die Messkurve ergibt sich durch Überlagerung der elektrischen Feldstärken E_1 und E_2 von 4.2 für die Stangen 1 und 2. Finden Sie durch theoretische Herleitung die zu diesen Messpunkten passende Funktionsgleichung E(r).



Es gilt $E_{links}=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{Q}{r}$ *für die linke Stange.*

Die rechte Stange liegt beim r-Wert a=50cm.

Statt r muss deshalb im Nenner a-r stehen: $E_{rechts}=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{Q}{a-r}$

Die gesamte elektrische Feldstärke ergibt sich aus der Summe von E_{links} *und* E_{rechts}*:*

$$E=E_{links}+E_{rechts}=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{Q}{r}+\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{Q}{a-r}=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\left(\frac{Q}{r}+\frac{Q}{a-r}\right)=\frac{Q}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{a}{r\cdot(a-r)}$$

Einsetzen der festen Werte ergibt $E(r)=179{,}8\cdot\frac{0{,}5}{r\cdot(0{,}5-r)}\frac{N}{C}$ *mit Angabe von r in m.*

Formeln: $E=\frac{F}{Q}$ $\sigma=\frac{Q}{A}$ $\sigma=\varepsilon_0\cdot E$ $\sin\alpha=\frac{GK}{HY}$ $\cos\alpha=\frac{AK}{HY}$ $\tan\alpha=\frac{GK}{AK}$

$E_{zylindersymmetrisch}=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot L}\cdot\frac{Q}{r}$ $E_{radialsymmetrisch}=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{r^2}$

Viel Erfolg beim Bearbeiten der Aufgaben!